



Mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla, au Maroc

Aziz Bellouti, Fatima Cherkaoui, Mohamed Benhida, Abdelhafid Debbarh, Brahim Soudi, Mohamed Badraoui

► To cite this version:

Aziz Bellouti, Fatima Cherkaoui, Mohamed Benhida, Abdelhafid Debbarh, Brahim Soudi, et al.. Mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla, au Maroc. Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur une Maîtrise des Impacts Environnementaux de l'Irrigation, 2002, Montpellier, France. 11 p. cirad-00180737

HAL Id: cirad-00180737

<http://hal.cirad.fr/cirad-00180737>

Submitted on 19 Oct 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Serge Marlet et Pierre Ruelle (éditeurs scientifiques), 2002. Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. Actes de l'atelier du PCSI, 28-29 mai 2002, Montpellier, France. CEMAGREF, CIRAD, IRD, Cédérom du CIRAD.

Mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla, au Maroc

Aziz BELLOUTI*, Fatima CHERKAOUI*, Mohamed BENHIDA*, Abdelhafid DEBBARH**, Brahim SOUDI***, Mohamed BADRAOUI***

* Office régional de mise en valeur agricole du Tadla, BP 244, Fquih Ben Salah, Maroc

** Ecole nationale d'agriculture de Meknès, BP S/40, rue Haj Kadour, Meknès, Maroc

*** Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

Résumé

Mise en place d'un système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla au Maroc. Dans le périmètre irrigué du Tadla, l'utilisation accrue des ressources en eaux de surface et souterraines, couplée à une intensification de l'agriculture, a conduit à la détérioration de la qualité des eaux souterraines et des sols. En effet, si la salinisation et la sodification secondaires touchent déjà des superficies importantes du périmètre, la pollution nitrique et la détérioration de la structure des sols commencent à prendre un rythme croissant. La pollution nitrique diffuse générée par les engrais azotés s'est amplifiée par les eaux usées urbaines et les rejets agro-industriels. L'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT) a installé un réseau de suivi et de surveillance de la qualité des eaux et des sols. Les puits et les sites de prélèvement d'échantillons d'eau et du sol ont été choisis sur la base de la représentativité spatiale du périmètre, des principaux types de sols et des principales variantes hydrogéologiques. Le laboratoire du Système d'Information Géographique (SIG) permet de répondre aux exigences d'interprétation temporaire et spatiale des données du réseau de suivi et à la délimitation cartographique des zones vulnérables. Le réseau établi en 1995 est en cours de ré-optimisation dans le cadre d'un nouveau projet de gestion des ressources en eau (PGRE).

Abstract

A network for the monitoring of soil and groundwater quality in the Tadla irrigated perimeter, Morocco. In the irrigated perimeter of the Tadla region, the over use of surface and groundwater, coupled to agricultural intensification, induced both soil and groundwater quality deterioration. Indeed, if the secondary salinisation and alkalinisation already affect important surfaces of the perimeter, the nitric pollution and the deterioration of the soil structure begin to be apparent. The diffuse nitric pollution generated by nitrogen fertilizers is amplified by the urban worn-out waters and the agro-industrial dismissals. The ORMVAT installed a network of the soil and groundwater monitoring. Water and soil samples chosen on the basis of the spatial representativeness in the perimeter, the main soil types and the main hydrogeological variants. The Geographical Information System (SIG) laboratory permits to answer to requirements of temporary and spatial interpretation of the network data and to identify the vulnerable zones. The network, established in 1995, is being re-optimized in the framework of a new water resource management project (PGRE).

Introduction

Au Maroc, les conditions naturelles ont fait de l'irrigation un impératif technique incontournable qui a acquis des dimensions économiques et sociales indéniables. L'irrigation est aussi devenue une voie privilégiée du développement agricole et bénéficie d'une attention particulière des pouvoirs publics. Par ailleurs, il a été jugé nécessaire de gérer, de manière efficace et rationnelle, les ressources en eau et en sol du pays dans le but de protéger et capitaliser les investissements réalisés dans le cadre des projets d'irrigation.

Dans le périmètre irrigué du Tadla, l'un des 9 grands périmètres irrigués du Maroc (figure 1), l'intensification de l'agriculture, couplée à une utilisation accrue des ressources en eaux de surface et souterraines, est jugée responsable de la pollution diffuse et de la détérioration de la qualité de certains paramètres de qualité des eaux souterraines et des sols. Cette intensification s'est accompagnée d'un emploi abusif d'intrants agro-chimiques et d'une mauvaise maîtrise de drainage. En effet, les phénomènes de salinisation, de sodification, de détérioration de la structure des sols, de l'engorgement et de la pollution nitrique commencent à prendre un rythme croissant. La pollution nitrique diffuse générée par les engrais azotés s'est amplifiée par les rejets des eaux usées de quatre grands centres urbains et agro-industrielles (sucreries, huileries, tanneries...).

Pour cerner ces problèmes, déceler les zones à risques et trouver des scénarios adéquats pour la gestion durable des ressources, le suivi et la surveillance de la qualité des sols et des eaux souterraines s'avèrent nécessaire. Pour atteindre cet objectif l'ORMVAT, dans le cadre du projet Management des Ressources du Tadla (MRT), a mis en place un réseau optimisé de suivi de l'évolution de la qualité des sols et des eaux souterraines.

Présentation du périmètre irrigué du Tadla

Situation géographique

Le périmètre irrigué du Tadla est situé à 250 km au sud-est de Rabat et à une altitude moyenne de 400 m. La plaine est limitée au Nord par le plateau des phosphates, à l'Est se rétrécit entre le plateau d'Oued-Zem et la retombée atlasique, à l'ouest, l'oued El Abid est pris comme limite régionale et hydrogéologique avec la Bahira et au sud, elle est limitée par la chaîne montagneuse du moyen Atlas. Le périmètre irrigué est traversé par l'oued Oum er Rbia et se trouve ainsi divisé en deux sous périmètres de superficie inégale qui offrent des caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques différents (figure 1) :

Béni Amir en rive droite d'une superficie de 27 000 ha irrigués par les eaux régularisées du barrage El Hansali (800 millions de m³ de capacité) sur l'oued Oum Rbia.

Béni Moussa en rive gauche d'une superficie de 69 500 ha irrigués par les eaux régularisées du barrage Bin el Ouidane (1,5 milliard de m³ de capacité) sur l'oued El Abid.

Climat

Le climat de la région est de type méditerranéen, aride à semi-aride à caractère continental avec une saison sèche d'avril à octobre et une saison pluvieuse de

novembre à mars. La pluviométrie moyenne annuelle est de 350 mm avec une forte variation dans le temps et dans l'espace. L'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 1 800 mm.

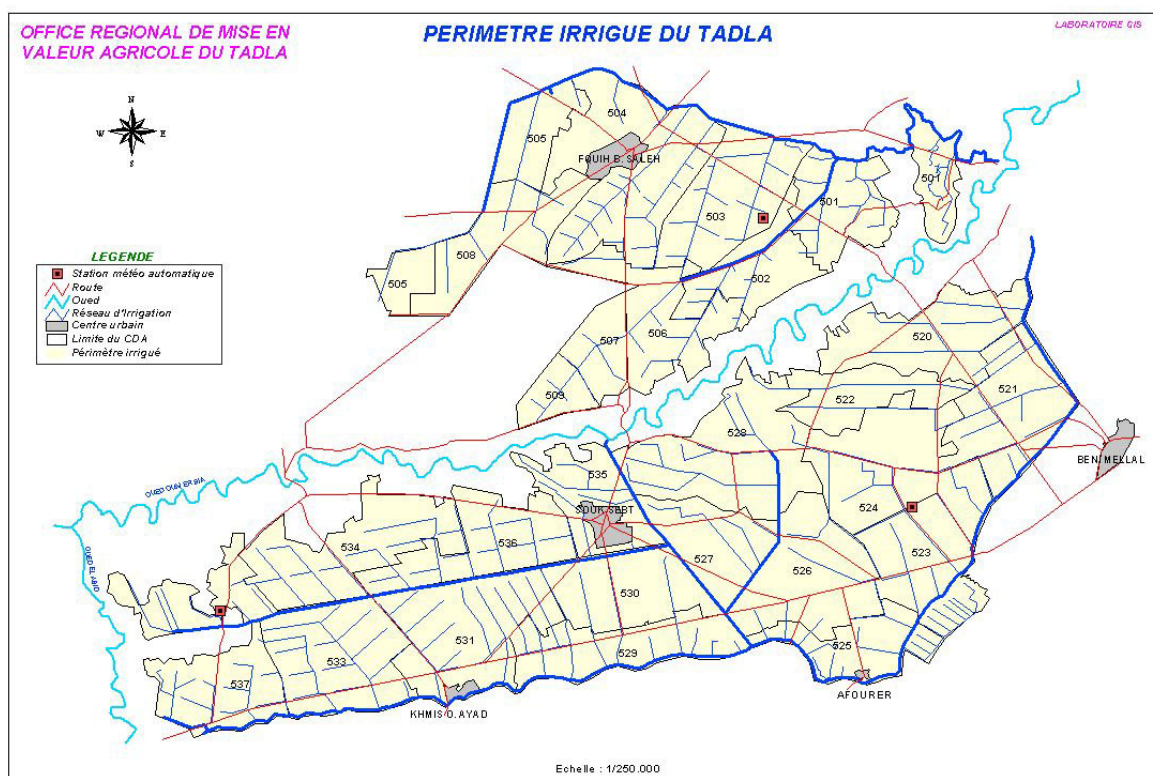
Les températures connaissent de très importantes variations saisonnières : un maximum en août de 40 °C et un minimum en janvier de 3 °C.

Sols

Le périmètre du Tadla présente les types de sols suivants :

- Sols isohumiques qui comprennent : sols bruns subtropicaux modaux ; sols bruns subtropicaux salins et salsodiques ; sols châtaîns modaux. Cette classe de sols représente la majorité des sols du périmètre (83 %) ;
- Sols calcimagnésiques comprenant les sols bruns calcaires (11 %) et les sols rendziniiformes ;
- Sols ferralitiques à sesquioxydes de fer ;
- Sols hydromorphes et sols peu évolués.

Figure 1. Périmètre irrigué du Tadla



Hydrologie

Le principal cours d'eau qui traverse la plaine du Tadla est l'oued Oum er Rbia qui est issu du moyen Atlas. Son débit moyen est 38,6 m³/s avec un maximum de 1700 m³/s et un minimum de 10 m³/s. Les eaux de l'oued Oum er Rbia, utilisées pour l'irrigation des Béni Amir en rive droite, sont relativement salées (0,7 g/l). La charge saline est introduite par oued Srou (affluent important) circulant sur les formations salifères du Trias. Les eaux de oued Srou présentent un résidu sec 1,25 g/l en

moyenne, avec un maximum de 6 g/l en période d'été. Par contre, l'oued El Abid, dont les eaux sont utilisées pour l'irrigation des Béni Moussa en rive gauche de l'Oum er Bia, véhicule des eaux de bonne qualité (0,3 g/l).

Hydrogéologie

Les structures et les caractères diversifiés des formations géologiques de la plaine du Tadla ont donné naissance à une succession de couches aquifères d'importance hydraulique variable et présentant des contrastes de perméabilités entre niveaux. Les principales nappes dans la région du Tadla sont :

- la nappe phréatique circulant dans des formations plio-quadernaires de profondeur et de salinité variable ;
- La nappe des calcaires de l'Eocène dont la profondeur se situe entre 80 et 110 m. Elle est de bonne qualité pour l'irrigation et
- La nappe des calcaires du Turonien qui constitue la principale ressource d'eau de bonne qualité sous la plaine du Tadla. Sa profondeur est supérieure à 200 m.

Aménagement hydro-agricole

Les travaux d'aménagement ont été entamés en 1929 dans les Béni Amir et la mise en eau des premiers secteurs remonte à 1938. Au Béni Moussa, les travaux d'aménagement ont commencé en 1949 et la première mise en eau fut réalisée en 1954.

Actuellement, le périmètre irrigué du Tadla couvre une superficie irriguée d'environ 114 000 ha dont 97 000 ha irrigués par la grande hydraulique, le reste par la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH) et par le pompage diffus. Le mode d'irrigation dans le Tadla est essentiellement gravitaire. Cependant, d'autres systèmes d'irrigation ont été introduits dans le périmètre : irrigation par centre pivot et micro-irrigation. Ce dernier mode est en cours d'expansion dans les secteurs d'irrigation privée.

Mise en valeur agricole

Depuis la création du périmètre irrigué du Tadla, l'activité économique ne cesse de se développer. En effet l'introduction de l'irrigation avait révolutionné un mode de vie ancestral basé sur une agriculture extensive soumise aux aléas d'une pluviométrie insuffisante et irrégulière et un pâturage extensif.

Des méthodes modernes de production ont été introduites et des cultures industrielles, arboricoles et maraîchères ont été développées. Une industrie de transformation des produits agricoles a été installée et elle est en voie d'expansion. On peut citer les unités suivantes : sucreries et raffineries, huileries, usines d'égrenage du coton, tanneries, unités de transformation d'aliment de bétail, conditionnement etc.

Méthodologie adoptée pour la mise en place du système de suivi et de surveillance de la qualité des eaux souterraines et des sols dans le périmètre du Tadla

Cette méthodologie a été conçue et mise en œuvre dans le cadre du Projet MRT par une équipe multidisciplinaire composée de chercheurs de l'IAV Hassan II (consultants) et d'Ingénieurs de l'ORMVAT.

Principes de mise en place du système suivi et de surveillance dans le Tadla

Les principes de base qui ont été considérés en premier lieu sont :

- Diagnostic de l'état actuel et connaissance des processus de dégradation de la qualité des ressources en eau et en sol dans le périmètre ;
- Optimisation du système de suivi de manière à le rendre efficace et moins coûteux ;
- Représentativité de tout le périmètre irrigué ;
- Capitalisation des données antérieures de suivi malgré leurs défaillances liées à la non-représentativité du périmètre et à la limitation aux paramètres de salinité, considérée longtemps comme l'unique problème majeur du périmètre irrigué.

Étapes de mise en place du système suivi et de surveillance dans le Tadla

La mise en place du système de suivi des paramètres de la qualité des eaux et des sols dans le périmètre irrigué du Tadla est passé par les étapes suivantes :

- Implantation des réseaux d'échantillonnage des eaux et des sols et définition des paramètres de qualité et de la fréquence de prélèvement ;
- Optimisation des circuits d'échantillonnage, de mesure in situ et standardisation des bulletins de prélèvement et d'analyses ;
- Définition des techniques d'analyses appropriées et des normes d'interprétation ;
- Saisie de données dans une base de données dynamique (sous Excel) et transférable sur Système d'Information Géographique (SIG) : ArcInfo et Arcview, pour analyse, modélisation (interpolation spatiale) et cartographie numérique des résultats de suivi.
- Edition de rapports périodiques et diffusion des résultats auprès de la direction de l'ORMVAT, du ministère de tutelle et des services internes et externes concernés.

Critères retenus pour le choix du réseau de suivi

Réseau de suivi de la nappe

Les critères retenus pour le choix du réseau de suivi de la nappe sont :

- Représentativité spatiale du réseau : le réseau retenu représente l'ensemble du périmètre y compris les zones à problèmes et les secteurs d'extension.
- Valorisation des réseaux de suivi existants : le suivi de la bathymétrie et de la qualité des eaux souterraines se faisait par : l'ORMVAT au niveau de 272 points d'observations, et l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia : au sein d'un réseau constitué de 69 points de suivi. 26 puits d'observation sont en commun entre les réseaux des deux organismes. Le maximum de points de mesure des réseaux existants a été gardé au niveau du réseau optimisé afin de pouvoir exploiter les données antérieures.
- Répartition spatiale des principaux types du sol.
- Nature lithologique du sous sol : c'est un critère qui détermine la vitesse de propagation des solutés.
- Répartition spatiale des points de pollution ponctuelle générée par les rejets urbains et industriels.
- Caractéristiques hydrodynamiques de la formation aquifère : Les paramètres considérés sont : le coefficient de transmissivité ; la valeur des gradients hydrauliques des écoulements de base de la nappe ; le sens d'écoulement de la nappe ; la nature des formations aquifères ; les risques d'engorgement des sols et les risques de salinisation et de la pollution des eaux de nappe

Réseau de suivi de la qualité des sols

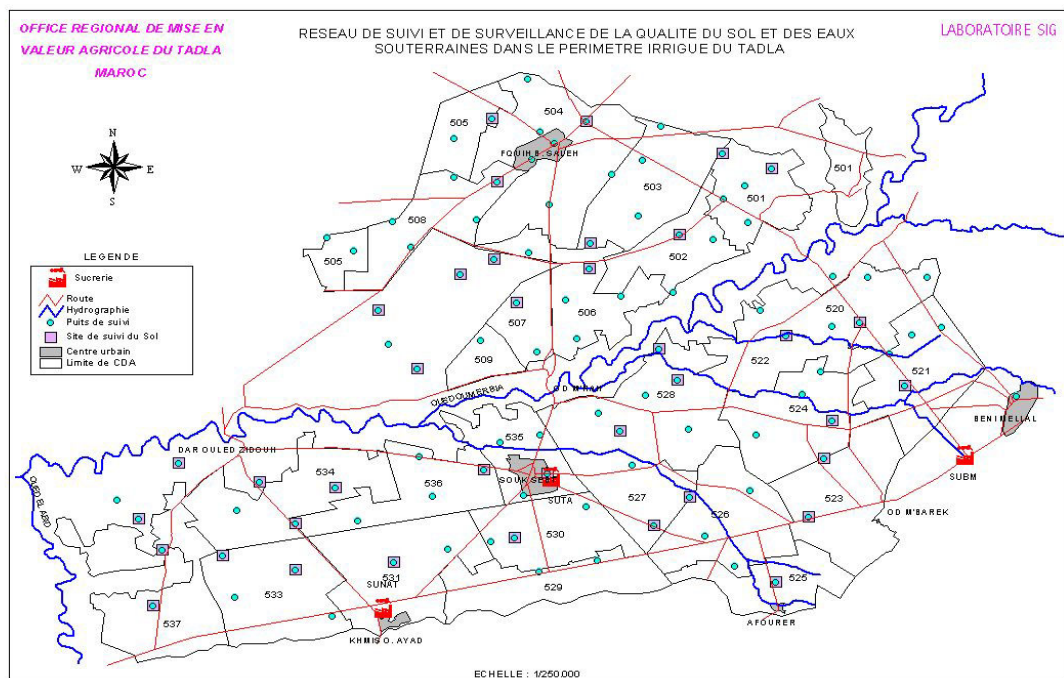
Les cinq premiers critères utilisés pour l'implantation du réseau de suivi de la nappe ont été retenus pour la mise en place du réseau de suivi de la qualité des sols. Les autres critères considérés sont :

- la vulnérabilité à l'engorgement par le phénomène de remontée de la nappe
- la répartition des sols actuellement salés ou sodiques
- la représentativité des différents Centre de Développement Agricole (CDA)

Ainsi le réseau optimisé comporte (voir carte) :

- un réseau de suivi de la qualité des sols qui porte sur 40 sites échantillonnés sur deux à trois profondeurs par tranche de 20 cm,
- Un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines comprenant 100 puits d'observations et de prélèvement d'échantillons d'eau.

Figure 2. Réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines et des sols du Tadla



Paramètres de suivi

Les paramètres de qualité qui font l'objet de suivi ont été définis sur la base des processus de dégradation identifiés dans le périmètre irrigué du Tadla et sur les risques probables de dégradation suite à des pratiques utilisées dans la zone. Les paramètres ont été choisis de façon à ce qu'ils permettent le suivi et la surveillance des principaux processus de dégradation cités précédemment (tableau 1). La première campagne de mesure au sein du réseau optimisé a été lancée au mois de novembre 1995.

Les paramètres retenus pour la qualité des eaux sont :

- la conductivité électrique, le pH et la teneur en nitrates : mesurés in-situ
- le bilan ionique analysé au laboratoire

Les mesures se font tous les deux mois pour la CE, le pH et la teneur en nitrates et deux fois par an pour le bilan ionique.

En ce qui concerne le sol, les sept paramètres retenus sont :

- la conductivité électrique (CE) à l'extrait de la pâte saturée, le pH, la matière organique, le sodium échangeable, le bilan ionique. Ces paramètres sont analysés au laboratoire,
- le taux d'infiltration et la densité apparente mesurés in-situ.

Les campagnes de mesure sont semestrielles pour le pH et la CE et annuelles pour les autres paramètres.

Tableau I. Paramètres de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux souterraines dans le Tadla

	Réseaux de suivi	Paramètres	Fréquence
Suivi de la nappe phréatique	100 (puits)	niveau de la nappe	6 fois/an
Suivi de la qualité des eaux	Béni-Amir : 40 puits	CE	6 fois/an
		PH	"
		NO3-	"
	Béni-Moussa : 60 puits	BORE	1 fois/an
		Bilan ionique	2 fois/an
		CE(pâte saturé)	2 fois/an
		pH(1/2,5)	2 fois/an
		Bilan ionique	1 fois/an
Suivi de la qualité des sols	40 sites :	Na+ échangeable et autres bases échangeables	1 fois/an
	B.Amir : 15 Sites	Taux d'infiltration	1 fois/an
	B.Moussa : 25 Sites	Densité apparente	1 fois/an
		Matière organique	1 fois/an
		Stabilité des agrégats	1 fois/an
		Bore	1 fois/an

Déroulement des campagnes de suivi

Le programme de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux est assuré par le personnel du laboratoire d'analyse de l'eau, du sol et de la plante de l'ORMVAT et par le Laboratoire SIG.

Pour chaque campagne de suivi, des échantillons du sol sont prélevés dans des parcelles de suivi et font l'objet d'analyses au laboratoire. Les données relatives aux résultats des analyses et les mesures in-situ sont transmises au laboratoire SIG pour l'élaboration des cartes.

Des programmes d'automatisation des traitements analytiques et visuels des données périodiques concernant les paramètres de suivi de la qualité des eaux souterraines et des sols ont été développés, sous SIG Arcinfo et ArcView, pour répondre aux exigences temporaires et spatiales d'interprétation des données du réseau de suivi. L'analyse des données fournies par le réseau a permis d'identifier les causes de la pollution dans le périmètre ainsi que les zones vulnérables. Les cartes de concentrations des nitrates et de la salinité et les cartes de niveau de la nappe constituent un exemple d'analyse et de produit fourni par le SIG (figures 3, 4 et 5).

Les résultats (sous forme cartographique et rapport) sont mis à la disposition des administrations et personnes concernées (Ministère de tutelle, responsables, décideurs, agents de terrains) pour exploitation et actions à entreprendre.

Figure 3. Carte de répartition spatiale des nitrates des eaux de la nappe phréatique

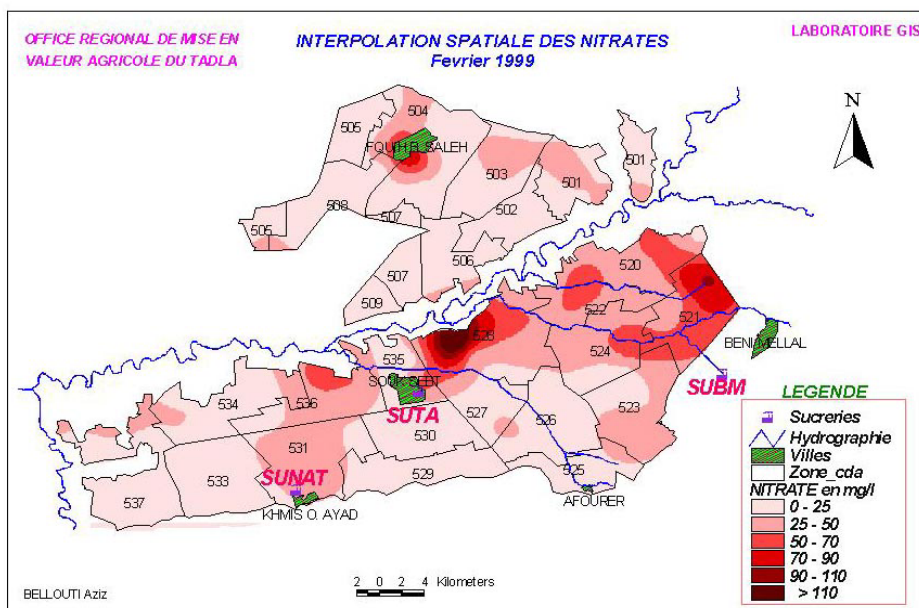
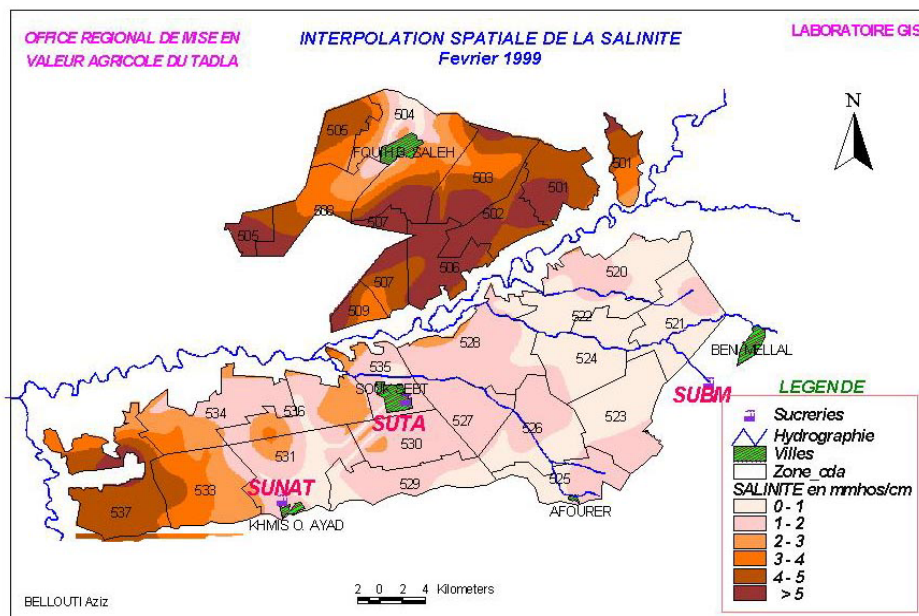


Figure 4. Carte de répartition spatiale de la salinité des eaux de la nappe phréatique



- Les eaux de la nappe phréatique du Tadla présentent un potentiel de salinisation très fort, un risque d'alcalinisation faible à moyen.
- Le pompage des eaux de la nappe phréatique effectué pour l'irrigation a conduit à une baisse du niveau de la nappe qui se trouve à une profondeur supérieure à 5 m.

Bibliographie

AMMATI M. ; DEBBARH A. et SOUDI B. 1995. Mise en place des réseaux de suivi de la nappe phréatique et de la qualité des sols et des eaux du périmètre irrigué du Tadla. Projet MRT "Management des Ressources du Tadla" Rapport N°25.

BADRAOUI M., CHOURAICHI M., ESSAFI B., SOUDI B., BELLOUTI A., CHERKAOUI F., BOUAZZAMA B., BOUYAHYAOUI A. 2000. Impact de l'irrigation sur la qualité des sols et des eaux dans le Tadla : Salinisation, Rapport de synthèse des travaux antérieurs sur la qualité des sols et des eaux et méthodologie. Projet PGRE, IAV Hassan II/ORMVAT/SEEN, Rabat, Maroc.

BADRAOUI M., CHOURAICHI M., ESSAFI B., SOUDI B., BELLOUTI A., CHERKAOUI F., BOUAZZAMA B., BOUYAHYAOUI A. 2002.. Impact de l'irrigation sur la qualité des sols et des eaux dans le Tadla : Salinisation, Rapport de diagnostic : prospection, mesures sur le terrain et analyses des sols et des eaux. Projet PGRE, IAV Hassan II/ORMVAT/SEEN, Rabat, Maroc.

BELLOUTI A., CHERKAOUI F. Rapports périodiques de l'ORMVA du Tadla.

DEBBARH A., 1994. Etude environnementale du périmètre du Tadla : Gestion quantitative et qualitative des ressources en eau et en sol des périmètres irrigués de Béni Moussa et Béni Amir. Projet MRT "Management des Ressources du Tadla" Rapport N°13.

SOUDI B., 1994. Qualité des sols et des eaux : situation actuelle et méthodes de suivi des paramètres de qualité dans le périmètre irrigué du Tadla. Projet MRT "Management des Ressources du Tadla" Rapport N°15.